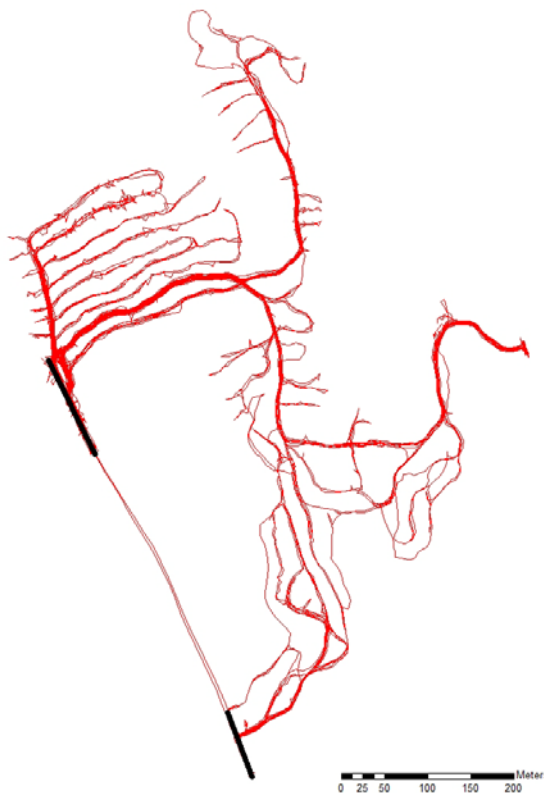


# Uppföljning av planerat skotningsavstånd med hjälp av geografisk informationsteknologi (GIT)

*Follow-up on planned forwarding distance using geographical information technology (GIT)*



Johan Femling

Arbetsrapport 278 2010  
Examensarbete 30hp D  
Jägmästarprogrammet

Handledare:  
Ola Lindroos



# Uppföljning av planerat skotningsavstånd med hjälp av geografisk informationsteknologi (GIT)

*Follow-up on planned forwarding distance using geographical information technology (GIT)*

**Johan Femling**

Examensarbete i skogshushållning med inriktning mot skogsteknik, 30hp  
EX0492

Handledare: Ola Lindroos, Institutionen för Skoglig Resurshushållning, teknologi

Examinator: Tomas Nordfjell, Institutionen för Skoglig Resurshushållning, teknologi

## **Förord**

Examensarbetet har gjorts vid institutionen för skoglig resurshushållning på SLU i Umeå. Stora Enso har bidragit med material.

Jag vill tacka min handledare på SLU, Ola Lindroos, för all hjälp och stöd under arbetets gång, samt Holger Dettki på institutionen för vilt, fisk och miljö som varit biträdande handledare för GIT.

På Stora Enso vill jag tacka Rickard Dermer, Per Olsson och Per-Åke Nilsson för hjälp med material samt avverkningslag 603 och 605 med kontaktpersonerna Anders Nilsson och Lars Dahlberg.

Riktat också ett stort tack till Anna Byström för stöd och korrekturläsning.

## Sammanfattning

Skotningen står för cirka en tiondel av skogsindustrins råvarukostnader. Detta motiverar till bra uppföljning av genomfört skotningsarbete för att möjliggöra förbättringar. En stor förbättring vore om man med högre precision kunde skatta medelskotningsavståndet för en planerad drivning. År 2009 hade Stora Enso GPS och fordonsdatorer monterade i merparten av de skotare som nyttjades. De används främst till att följa skördarens körspår och för att planeringsledaren via datorn skall kunna se var i en trakt skotaren har kört. Syftet med examensarbetet var att utvärdera planerat medelskotningsavstånd mot faktiskt medelskotningsavstånd i gallring samt att utarbeta en metod för att vid uppföljning av utfört arbete beräkna faktiskt medelskotningsavstånd med hjälp av geografisk informationsteknik (GIT).

För sex gallringsbestånd samlades data in om planerat medelskotningsavstånd och traktdirektiv, trippmätaruppmätt medelskotningsavstånd samt GPS-positioner för skotningsarbetet. GPS-data bearbetades i ArcGIS 9.3 till enskilda skotningsvänder tur och retur avlägg. Planerat, trippmätaruppmätt, korrigerad trippmätare och GPS-beräknat medelskotningsavstånd jämfördes sedan mot varandra.

Resultaten visar att det planerade medelskotningsavståndet i gallring är kraftigt underskattat och borde ges ett högre slingertillägg (1,61 i medel och med en variation inom spannet 0,89–2,64) än det som används idag (1,15). Resultaten indikerar också att uppföljningen av medelskotningsavstånd med trippmätaren skulle kunna ersättas av uppföljning med medelskotningsavstånd uträknat från GPS. En förutsättning för detta är dock att GPS-registreringen följer specifika instruktioner för att en beräkning av medelskotningsavståndet ska kunna göras med rimlig arbetsinsats.

Nyckelord: Skotare, skotningsavstånd, GIS, GPS, trippmätare, slingertillägg.

## **Summary**

The cost of forwarding corresponds to about one tenth of the forestry industries raw material cost. This gives a motive to do good follow-ups to get a good overview of the forwarding distance and, thus, enable improvements. Follow-ups are also justified by the possibility to make more accurate calculations of the harvesting costs, if better estimations of forwarding distance are achieved.

Today (2009) Stora Enso has GPS and vehicle-computers in most of their forwarders. These are used mainly for the forwarder to follow the tracks of the harvester and for the planning leader to see how the forwarder has been driving within the stand. However, the techniques have also other possible uses.

The objective of this Master thesis was to evaluate the planned forwarding distance against the actual forwarding distance in thinned stands and to come up with a method for calculating the actual forwarding distance in GIS-environment.

The data collected was planned forwarding distance (plus the written instructions to the machine operators), odometer forwarding distance and the tracks created by the GPS during the forwarders work. The tracks were then worked up in ArcGIS 9.3 to get a more correct forwarding distance. The planned forwarding distance was evaluated against actually recorded forwarding distance based on odometric and on ArcGIS calculations.

The results show that the planned forwarding distance is substantially underestimated and should be increased by a higher winding coefficient than today (1, 15). The results also indicate that the follow-ups by odometer could be replaced by follow-ups made by the forwarding distance calculated in ArcGIS. However, a condition to make it possible to do the follow-ups in ArcGIS with a reasonable work effort is that there must be precise restrictions on how and when GPS recordings should be done during the forwarding work.

Key words: Forwarder, skidding distance, GIS, GPS, odometer, winding coefficient.

## Innehållsförteckning

Förord .....	2
Sammanfattning .....	3
Summary .....	4
Inledning .....	6
Syfte .....	7
Material och metod .....	8
<i>Material</i> .....	8
Planerat medelskotningsavstånd .....	8
Loggningsfilen .....	9
Medelskotningsavstånd från trippmätaren .....	10
<i>Metod</i> .....	12
Bearbetning av GIT-materialet .....	13
Resultat .....	15
Diskussion .....	19
<i>Resultatet</i> .....	19
<i>Genomförandet av arbetet</i> .....	20
<i>Material</i> .....	20
<i>Felkällor</i> .....	20
<i>Vidare arbete</i> .....	21
<i>Slutsatser</i> .....	22
Referenslista .....	23
Bilaga 1. GPS-körspår .....	25
Bilaga 2. Körvändornas längd enligt GPS-mätning .....	31
Bilaga 3. Medelskotningsavstånd uppmätt med de olika metoderna .....	37

## Inledning

Skotning är den del av virkestransporten som sker i skogen fram till avlägg vid bilväg, d.v.s. terrängtransporten, och varje år skotas miljontals m<sup>3</sup> fram till avlägg. År 2007 avverkades 77,6 miljoner m<sup>3</sup> virke som skotades fram till bilväg (Bäcke 2007). Skotningen står för cirka en tiondel av skogsindustrins råvarukostnader, vilket motsvarar ungefär 2,5 miljarder kronor per år (Arvidsson et al. 1999). Den totala drivningskostnaden vid gallring ligger mellan 137 och 147 kr/m<sup>3</sup>fub, varav skotningen står för 46 – 52 kr/m<sup>3</sup>fub, beroende på var i Sverige avverkningen sker (SkogForsk 2008). I gallring utgör skotningskostnaden ca 30 – 35 % av den totala drivningskostnaden. För slutavverkningen är de faktiska kostnaderna lägre, men skotningens andel högre. Med en total drivningskostnad på 76 – 79 kr/m<sup>3</sup>fub och med en skotningskostnad på 30 – 33 kr/m<sup>3</sup>fub utgör skotningskostnaden 38 – 44 % av drivningskostnaden i slutavverkning (Skogforsk 2008). Skotningskostnaden är starkt relaterad till produktiviteten och de faktorer som har störst påverkan på skotningsproduktiviteten är skotningsavståndet och terrängförhållanden (Harstela 1993, Edin & Forsman 2002). Vid beräkandet av medelskotningsavstånd utgår man oftast från fågelvägen eller det så kallade teoretiska transportavståndet från punkt A till punkt B, vilket avser enkel väg. Med ett sådant förfarande tas ingen hänsyn till tredimensionella skillnader, terrängens utseende eller läge mellan punkterna och stämmer därför sällan med faktiskt transportavstånd. Skillnaden justeras med så kallat slingertillägg eller terrängtransportkorrektion. Korrektionen varierar efter olika faktorer som topografi och olika terrängförhållanden (Von Segebaden 1964). Terrängförhållanden talar om hur pass besvärlig marken är att köra på och bedöms i kategorierna grundförhållande, ytstruktur och lutning (GYL) (Berg 1995). Samtliga kategorier bedöms enligt en femgradig skala (klasser), där ett är bäst och fem är sämst. De parametrar som bedöms för grundförhållande är jordart, fuktighet och armering och för ytstrukturen bedöms tänkbara hinders storlek och antal. För lutningen innebär klass ett relativt plan mark medan klass fem är riktigt brant ( $\geq 50$  procent).

Att skotningen står för en betydande del av drivningskostnaderna ökar motivet för att göra uppföljningar och ha en god översikt över medelskotningsavståndet. Detta görs idag mest utifrån skotarens fordonsdator (trippmätaren). Medelskotningsavståndet som beräknas av trippmätaren grundar sig på hur hjulen snurrar. I verkligheten visar dock inte trippmätaren ett helt riktigt avstånd eftersom det uppstår viss slirning och att terrängen är ojämn. Storleken på avvikelserna är således beroende av olika yttre faktorer som påverkar hjulets markgrepp och väg igenom terrängen.

Genom den tekniska utvecklingen finns det dock möjlighet att utveckla nya metoder för att beräkna och följa upp medelskotningsavståndet, bland annat med hjälp av GPS och GIS-systemet. Global Positioning System (GPS) är ett satellitbaserat navigationssystem som utarbetades av den amerikanska militären under 1970-talet (GPS navigation). Tanken var att systemet bara skulle utnyttjas av den amerikanska militären men efter att ett koreanskt passagerarplan 1983 felnavigerat och blivit nedskjutet släppte systemet fritt för civilt bruk 1993, men hade då ett störningssystem vilket gjorde att GPSens precision kunde variera från 0 till 100 m (GPS History 2010).

När störningssystemet togs bort i maj 2000 ökade precisionen ner till några få meter vilket gjorde att GPSen började bli riktig användbar i skogsbruket. Enligt Forsberg m.fl. (2001) skulle rimliga precisionskrav för olika användningsområden inom skogsbruket kunna vara:



- Fastställa läget för ett hörn i en fastighetsgräns: <2m
- Bestämma läget för skyddsvärda punktojekt: <5m
- Bestämma läget för maskinstråk: <5m
- Bestämma beståndsgräns inom en fastighet: <5-15m

Precisionen varierar mycket beroende på terräng och växtlighet samt olika störningar i atmosfären. Dessa störningar kan minskas med hjälp av differentiell GPS (DGPS) som är en referensstation med en känd position genom vilken GPS-mottagaren kan korrigera vissa fel (Forsberg m.fl. 2001). Enligt Gotthardsson (2003) är GPS-precisionen i gles gallrad skog nästan lika bra som i öppen terräng för att sedan snabbt bli sämre ju tätare skogen blir. Sämst precision fås i tallskog med hög grundyta. För att kunna navigera med GPS krävs en GPS-mottagare som kan ta emot signaler från satelliterna (Hellström 1997). Sedan 2008 finns det 30 satelliter som kretsar runt jorden (Lantmäteriverket 2010). För att få en tredimensionell positionering krävs att GPS-mottagaren har kontakt med minst fyra satelliter. Satelliterna går runt jorden i ett bestämt förhållande till varandra vilket ska garantera att man har kontakt med minst fyra satelliter oavsett var på jorden man befinner sig. GPS-mottagaren mäter avståndet mellan de olika satelliterna och på så vis kan den få fram var på jordytan man befinner sig (Hellström 1997).

Den första praktiska användningen av Geografiska informationssystem (GIS) började i Kanada under 1960-talet, men det var först under mitten av 70-talet som de första kommersiella programvarorna kom. I GIS kan man lagra, analysera, presentera och bearbeta geografisk data. Det geografiska datat delas in i två kategorier, dels geometriskt data som berör läge och form på ett objekt och dels attributdata som beskriver objektet (Hellström 1997). Data kan i sin tur presenteras i form av rasterdata eller vektordata. Rasterdata grundar sig på ett rutnät eller ett raster där varje ruta får en kodning beroende på vad rutan representerar, t.ex. vatten i en kartbild. Vektordata består av punkter eller linjer där objekten lagras som ordnade par av koordinater som anger en position och används där hög geometrisk precision behövs (Eklund & Pilesjö 2003). GPS och GIS kallas gemensamt för Geografisk informationsteknik (GIT). I skogsbruket används GIT främst till traktplanering och drivningsplanering. Skördare som har GIT monterat använder det främst för att navigera till och i trakter och att logga körstråken. Skotaren får sedan loggningsspåren från skördaren så de ser vart skördaren har kört och på så vis kan de navigera efter skördarens loggningsspår så att inget virke missas (Eriksson 2007).

GPS i skotare får anses som ganska nytt och används inte överallt. Det blir dock vanligare och vanligare, med främsta syfte att kunna navigera efter skördarnas loggningsspår. Det borde dock finnas en potential att kunna använda GPSen för ett bredare användningsområde, och då bland annat till att beräkna medelskotningsavståndet.

## Syfte

Syftet med examensarbetet var att utvärdera planerat medelskotningsavstånd mot faktiskt medelskotningsavstånd i gallring samt att utarbeta en metod för att vid uppföljning av utfört arbete beräkna faktiskt medelskotningsavstånd med hjälp av GIT.

## Material och metod

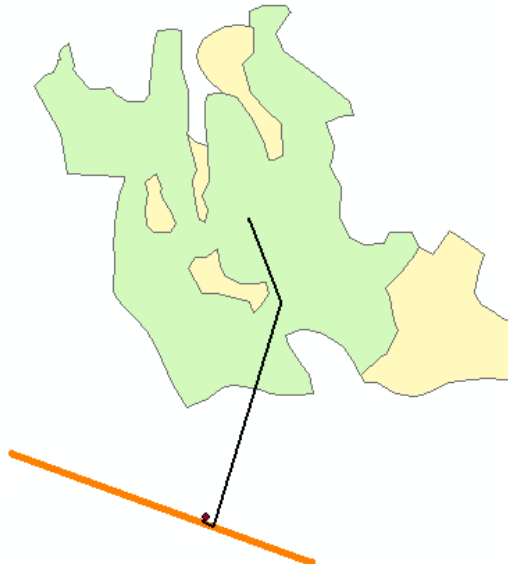
### Material

Sex stycken gallrade trakter insamlades från avverkningslag 603 och 605 i Stora Ensos Hälleforsdistrikt. Trakterna avverkades under perioden hösten 2008 till våren 2009. För varje trakt insamlades en loggningsfil med tillhörande information, det planerade medelskotningsavståndet med tillhörande traktinformation och traktdirektiv samt det medelskotningsavstånd som lästs av från skotarens trippmätare.

### Planerat medelskotningsavstånd

Genom intervju med planeringsledare och drivningsledare på Hälleforsdistriktet gavs en bra bild över hur det planerade medelskotningsavståndet tas fram (Dermer och Olsson, 2009, pers komm). Baserat på avverkningsplanerarens fältinsamlade uppgifter om t.ex. traktgränser, basvägsdragning och placering av avlägg beräknas det planerade medelskotningsavståndet av planeringsledaren. Beräkningen sker genom att visuellt bedöma var medelpunkten för virkesvolymen ligger. Vid bedömningen tas hänsyn till slutenhet samt områden som inte ska avverkas, t.ex. områden för natur- och kulturhänsyn samt övrig bortsättning. När medelpunkten för en trakt är bedömd mäts en rak linje från medelpunkten ut till avlägg samt 15 – 20 m längs med vägen, även här tas det hänsyn till natur- och kulturområden (Fig. 1). Vid de tillfällen då det finns fler än ett avlägg delas trakten in i olika områden vars virke ska köras till respektive avlägg.

Medelskotningsavståndet räknas ut för varje område till utsett avlägg, därefter görs en virkesvolymkattning för varje område för att kunna göra en volymvägning och på så vis bedöma medelskotningsavståndet. Medelskotningsavståndet beräknas alltid separat för varje trakt även om trakten gränsar till en annan trakt som kommer att skotas samtidigt.



**Figur 1.** Exempel på beräkning av medelskotningsavståndet vid drivningsplaneringen. Medelpunkten för trakten bedöms utifrån bortsättningsunderlag baserat på beståndens slutenhet och icke avverkningsbara områden (ljusa fält). Därefter mäts närmsta vägen till avlägg, med tillägg av 15-20 m längs bilväg.

På det utmätta avståndet läggs det på ett slingertillägg på 15 % som för Stora Enso alltid är detsamma oavsett terrängförhållanden och andra faktorer. Detta slingertillägg bygger på optimal körning. Prissättningen för utfört skotrararbete sker utifrån det planerade medelskötningssavståndet, men kan i efterhand komma att korrigeras utifrån uppgifter från trippmätaren om uppmätt medelskötningssavstånd. Priset sätts även utifrån terrängförhållandena i trakten och basvägen men detta sker i ett datorprogram som ökar eller minskar priset i procent beroende på hur de olika klasserna varierar (Dermer och Olsson, 2009, pers komm).

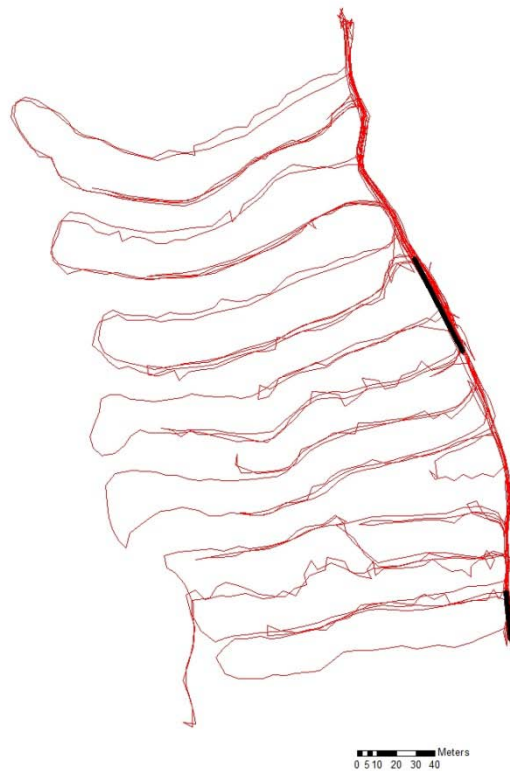
Stora Enso i Hällefors hade vid datainsamlingstillfället (jan 2009) 14-15 avverkningslag och av dessa var fyra Stora Ensos egna lag. De har också ett eget skotningslag som sätts in där extra tillfällig skotningskapacitet behövs. Ett problem med att ha flera olika förare som utför det planerade skotningsarbetet är att det blir en ganska stor variation i hur väl utförandet stämmer överens med planen. Det anses av distriktspersonalen därför viktigt att förarna väl följer angivna instruktioner. Avvikelser i körningen ska av förare rapporteras till distriktspersonalen efter utförd avverkning. Detta kan t.ex. vara att föraren ändrar basvägen pga. bättre alternativ eller ändrar en överfart över en bäck. Det som inte rapporteras in kommer sällan till kännedom. Vissa avvikelser kan dock ses med hjälp av loggningsspår (spåret som ritas av GPSen) från skördaren och skotaren. Som det ser ut nu har alla Stora Ensos egna maskiner GPS och fordonsdatorer inmonterade och med entreprenörerna inräknade finns detta i ca 75 % av maskinerna. De egna avverkningslagen har haft GPS och fordonsdator sedan början av 2008, dvs i ca ett år innan datainsamlingen. Efter inrapportering av en avverkning läggs loggningsfilerna in i datorn över ett ortofoto av den avverkade trakten. Där kan planeraren se om någon del av trakten inte blivit avverkad eller om det blivit avverkat utanför trakten (Dermer och Olsson, 2009, pers komm).

### **Loggningsfilen**

Skotarna är utrustade med GPS (Leadtek) som lagrar ett loggningsspår i en dator.

Loggningsspåret ritas upp genom att GPSen tar en position var tionde sekund och drar ett rakt streck mellan de i kronologisk ordning registrerade positionerna. Dessa sammanlänkade positioner bildar sedan ett sammanhängande loggningsspår. Hårdvara (GPS och fordonsdator) samt mjukvara (FC Gis 4.1) är levererade av Bracke Systems. Loggningsfilen är en shape-fil som rent visuellt visar hur skotaren har kört (Fig. 2) samt två filer med för shape-filen tillhörande information. Informationen som är möjlig att se och använda sig av visas i attributtabellen (Fig. 3). Bearbetningen av filerna har gjorts i ArcGIS 9.3.

I figur 2 visas ett exempel på hur en trakt kan se ut med körspår och uppskattad plats för avlägg (svart markering). Trakterna kan ses i bilaga 1 och information om de olika trakterna visas i tabell 1 och 2.



**Figur 2.** Registrerade körspår i trakt 4 med uppskattad plats för avlägg (svart markering).

### **Medelskotningsavstånd från trippmätaren**

Till varje trakt samlades det trippmätaruppmätta medelskotningsavståndet in, vilket räknades ut av skotarföraren utifrån total noterad körsträcka och antal körda lass. För trakt 6 inrapporterades dock inte trippmätaravstånd. På grund av slirning som beror på olika faktorer visar inte trippmätaren ett helt korrekt skotningsavstånd. Som referens för faktiskt medelskotningsavståndet användes därför korrigerade värden från trippmätaren. Trippmätarens mätning korrigerades mot en trådmätare som i sin tur kontrollerades mot ett 50 meters måttband. Trådmätningen genomfördes på 9 vändor i en trakt. Det hade inte heller gjorts någon kalibrering av datorn nyligen, men även det jämfördes med trådmätaren som visade att datorn visade rätt.

Medelskotningsavstånd uppmätt med trippmätare rapporterades generellt i form av medelvärden för trakten. I en trakt rapporterades dock trippmätarens registrering för vart och ett av nio lass, vilket jämfördes mot GIS-baserat uppmätt avstånd.

**Tabell 1.** Traktplaneringens skogsuppskattning för alla trakter och dess åtgärdsenheter

Trakt	Åtgärds- enhet	Storlek (ha)	GYL	SI	Ålder (år)	Trädslags- fördelning TGL	Medelstam (cm)	Skotnings- avstånd (m)
1		2,1	221	T25	35	730	10,3	170
2		29,9	(322)				15,3	250
	1	1,5	322	G25	45	550		
	2	2	322	G25	45	370		
	3	7	212	G28	52	181		
	4	2,5	212	G30	47	0X0		
	5	11,8	222	T26	51	640		
	6	3	311	G28	47	460		
	7	2,2	222	G26	44	280		
3		19,7					12,6	220
	1	6,5	123	T26	49	630		
	2	7,5	222	T26	46	811		
	3	5,7	322	G28	43	091		
4		5,7	322	T25	49	820	9,8	200
			(322)					
5		56,3	(322)				7,2	400
	1	36,3	222	T24	37	910		
	2	20	222	T24	37	730		
6		16,4	(232)				12,1	450
	1	6,2	232	G24	56	190		
	2	3,2	232	G28	49	0X0		
	3	5,1	222	G24	55	460		
	4	2	232	G22	65	172		

**Tabell 2.** Traktuppgifter (skogsuppskattning) för alla trakter som grundas på traktplaneringen

Trakt	Åtgärds- enhet	Uttag (% av G- yta)	Före gallring			Efter gallring		
			Grundyta	Volym	Stamantal	Grundyta	Volym	Stamantal
1	1	28	21	121	1024	15	88	702
2								
	1	30	22	121	1291	16	85	856
	2	25	24	156	955	18	118	688
	3	28	32	234	1177	23	170	810
	4	27	30	233	1131	22	172	792
	5	21	29	196	895	23	156	687
	6	25	24	151	1136	18	115	819
	7	24	21	125	1410	16	96	1029
3								
	1	30	30	184	1268	21	130	844
	2	29	29	175	1260	21	126	852
	3	30	30	200	1426	21	142	948
4		17	23	139	1160	19	116	934
5								
	1	30	23	105	1338	16	74	894
	2	30	24	125	1355	17	89	902
6								
	1	30	30	191	1409	21	136	935
	2	22	23	162	978	18	128	738
	3	12	26	178	1450	18	126	961
	4	26	27	185	954	20	138	679

### Metod

Innan datainsamlingen påbörjades kontrollerades och ändrades inställningarna för skotarnas GPS och fordonsdator för att underlätta bearbetningen av materialet. Tid för autospar, som avgör hur ofta loggningsfilen och informationen sparas automatiskt, ställdes in på 1 minut vilket var kortast möjliga tidsintervall. Detta gjordes för att så lite som möjligt av materialet skulle försvinna vid eventuella problem och även för att vid bearbetningen få så korta körsträckssegment som möjligt att hantera i loggningsfilen. Tid mellan loggningspunkter ställdes in på 10 sekunder, vilket också det var kortaste möjliga intervallet. Med det kortaste intervallet riskerar man inte att missa eventuellt körda sträckor, däremot finns risken att det blir en längre sträcka än vad som egentligen körs vid sämre mottagning för GPS. Vid start av ny trakt angav maskinförarna på trakten ett ID så det gick att koppla GPS-fil till övrigt materialet. Dessutom angavs vilket avverkningslag som gjort avverkningen. Vid dataöverföring från GPS-mottagaren till pc skedde detta genom överföring till ett USB-minne. Vid överföringen fanns flera exporteringsmöjligheter i form av ett antal kryssbara rutor. Ifyllandet av dessa påverkade vad som blev synligt i pc:ns ArcMap efter exportering. Rutorna "kördrag", "resultat" och "infopunkter" bestämdes att de skulle vara ikryssade medan rutorna "uppföljning" och "utan tider" inte kryssades. Med de valen erhöles så mycket information som möjligt till bearbetningen,

vilket gav möjlighet att i stället för att upptäcka att relevant information saknades kunna välja bort onödigt information.

### Bearbetning av GIT-materialet

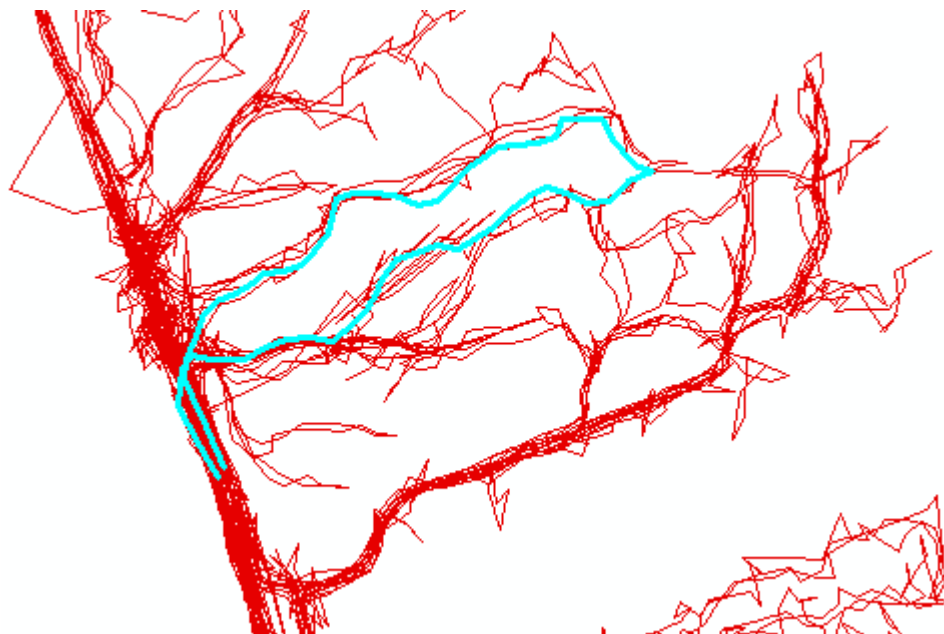
Allt arbete som gjorts med Shp-filerna för att få ut avståndet från GPSen har gjorts i Arc Map. I attributtabellens grundutförande fanns ingen längdinformation för de registrerade segmenten, utan detta beräknades i efterhand med hjälp av verktyget "Calculate Geometry". Ett segment motsvaras av 1 rad i attributtabellen och varje segment är 1 minut. Inom ett segment registreras ungefär 6 positioner (var 10:e sekund). Det var viktigt att rätt längdenhet var inställd, vilket i det här fallet var meter. Därefter återskapades skotarvändorna manuellt genom att i kronologisk ordning följa segmenten på kartan och gruppera segmenten som tillhörde samma vända. Grupperingen skapades i en ny kolumn ("Grupp"). Initialt fick alla segment ett gruppnummer som med säkerhet inte skulle komma att användas (999), vilket gjorde det lätt att se om något segment missats utan att de blandas ihop med en skapad grupp. I Figur 3 visas attributtabellen med de tillagda kolumnerna.

FID	Shape *	Namn	Aktivitet	Starttid	Sluttid	KorrStatus	AggStatus	längd	grupp
4018	Polyline	Aktivitet4057	8	2009-01-07 09:30:42	2009-01-07 09:34:43	C	N	8,589	999
4019	Polyline	Aktivitet4058	8	2009-01-07 09:34:43	2009-01-07 09:35:43	C	N	29,0375	79
4020	Polyline	Aktivitet4059	8	2009-01-07 09:35:43	2009-01-07 09:36:44	C	N	15,7388	79
4021	Polyline	Aktivitet4060	8	2009-01-07 09:36:44	2009-01-07 09:37:44	C	N	31,611	79
4022	Polyline	Aktivitet4061	8	2009-01-07 09:37:44	2009-01-07 09:40:45	C	N	25,481701	79
4023	Polyline	Aktivitet4062	8	2009-01-07 09:40:45	2009-01-07 09:41:45	C	N	37,431099	79
4024	Polyline	Aktivitet4063	8	2009-01-07 09:41:46	2009-01-07 09:42:46	C	N	33,7397	79
4025	Polyline	Aktivitet4064	8	2009-01-07 09:42:46	2009-01-07 09:43:47	C	N	18,595301	79
4026	Polyline	Aktivitet4065	8	2009-01-07 09:43:47	2009-01-07 09:44:47	C	N	5,25897	79
4027	Polyline	Aktivitet4066	8	2009-01-07 09:44:47	2009-01-07 09:45:48	C	N	14,5073	79
4028	Polyline	Aktivitet4067	8	2009-01-07 09:45:48	2009-01-07 09:48:48	C	N	6,74091	79
4029	Polyline	Aktivitet4068	8	2009-01-07 09:48:48	2009-01-07 09:50:49	C	N	5,42824	79
4030	Polyline	Aktivitet4069	8	2009-01-07 09:50:49	2009-01-07 09:52:49	C	N	7,94602	79
4031	Polyline	Aktivitet4070	8	2009-01-07 09:52:50	2009-01-07 09:53:50	C	N	5,09657	79
4032	Polyline	Aktivitet4071	8	2009-01-07 09:53:50	2009-01-07 09:54:50	C	N	11,6848	79
4033	Polyline	Aktivitet4072	8	2009-01-07 09:54:51	2009-01-07 09:55:51	C	N	5,52252	79
4034	Polyline	Aktivitet4073	8	2009-01-07 09:55:51	2009-01-07 09:56:52	C	N	11,924	79
4035	Polyline	Aktivitet4074	8	2009-01-07 09:56:52	2009-01-07 09:58:53	C	N	5,58328	79
4036	Polyline	Aktivitet4075	8	2009-01-07 09:58:53	2009-01-07 09:59:53	C	N	14,4693	79
4037	Polyline	Aktivitet4076	8	2009-01-07 09:59:53	2009-01-07 10:00:54	C	N	27,1838	79
4038	Polyline	Aktivitet4077	8	2009-01-07 10:00:54	2009-01-07 10:01:54	C	N	12,3923	999
4039	Polyline	Aktivitet4078	8	2009-01-07 10:01:54	2009-01-07 10:02:55	C	N	9,03453	999
4040	Polyline	Aktivitet4079	8	2009-01-07 10:02:55	2009-01-07 10:03:55	C	N	5,66803	999
4041	Polyline	Aktivitet4080	8	2009-01-07 10:03:55	2009-01-07 10:06:56	C	N	5,81712	999
4042	Polyline	Aktivitet4081	8	2009-01-07 10:06:56	2009-01-07 10:09:56	C	N	5,40844	999
4043	Polyline	Aktivitet4082	8	2009-01-07 10:09:57	2009-01-07 10:14:57	C	N	7,84398	999
4044	Polyline	Aktivitet4083	8	2009-01-07 10:14:57	2009-01-07 10:15:58	C	N	7,05884	999
4045	Polyline	Aktivitet4084	8	2009-01-07 10:15:58	2009-01-07 10:24:58	C	N	11,464	80
4046	Polyline	Aktivitet4085	8	2009-01-07 10:24:58	2009-01-07 10:25:59	C	N	56,7043	80
4047	Polyline	Aktivitet4086	8	2009-01-07 10:25:59	2009-01-07 10:26:59	C	N	15,3998	80

**Figur 3.** Informationen i det inrapporterade datat från GPS visas i en attributtabell, här med de två nya kolumnerna "Längd" och "Grupp". De markerade raderna är segment som tillhör samma skotarvända (gruppnummer 79).

Genom att parallellt arbeta med attributtabellen och kartvyn gick det att rekonstruera skotarvändorna. Segmenten markerades i attributtabellen och vändan följdes i kartvyn för att se när skotaren var tillbaka vid avlägg och därmed skotat en vända (Fig. 4). Vändans segment (markerade rader) tilldelades sedan ett gemensamt "gruppnummer". Med alla segment i en vända markerade utlästes totallängden för vändan genom att gå in på "Statistic". De segment som gjorts när skotaren stått stilla vid avlägg fick ha kvar värdet 999 medan de segment som inte ansågs höra till skotningsarbetet tilldelades ett eget gruppnummer (888). Sådana körningar kan till exempel vara körning till och från koja. Vid beräkning av medelskotningsavståndet har gruppnummer 888 och 999 exkluderats.

Vändornas längd sammanställdes i programmet Excel, där jämförelser mellan de olika datainsamlingsmetoderna gjordes.



**Figur 4.** När segmenten i en skotarvända hade markerats i attributtabeln (Fig. 3) gavs en lättöverskådlig bild över loggningsspåret i kartvyn.



## Resultat

Resultatet från trådmätningen (tabell 3) visar genomgående en kortare uppmätt sträcka än vad trippmätaren registrerade. Trippmätarens överskattning låg inom intervallen 1,1-27,5%. Den sammanslagna överskattningen var 12,1%, vilket har använts för att kalibrera ner trippmätarvärdena i övriga analyser. I tabell 4 jämförs trippmätarvärdet och det kalibrerade trippmätarvärdet mot avstånden uppmätt med GPS.

Resultaten visar en ganska stor spridning mellan vändornas längd då GPS-mätningen jämförs med både kalibrerade och okalibrerade trippmätarvärden. Trippmätarmätningarna underskattade dock generellt medelskotningsavståndet jämfört med GPS-mätningarna. Den sammanslagna underskattningen var betydligt högre för det kalibrerat trippmätarvärde (16,4%) jämfört mot okalibrerat värde (2,3 %).

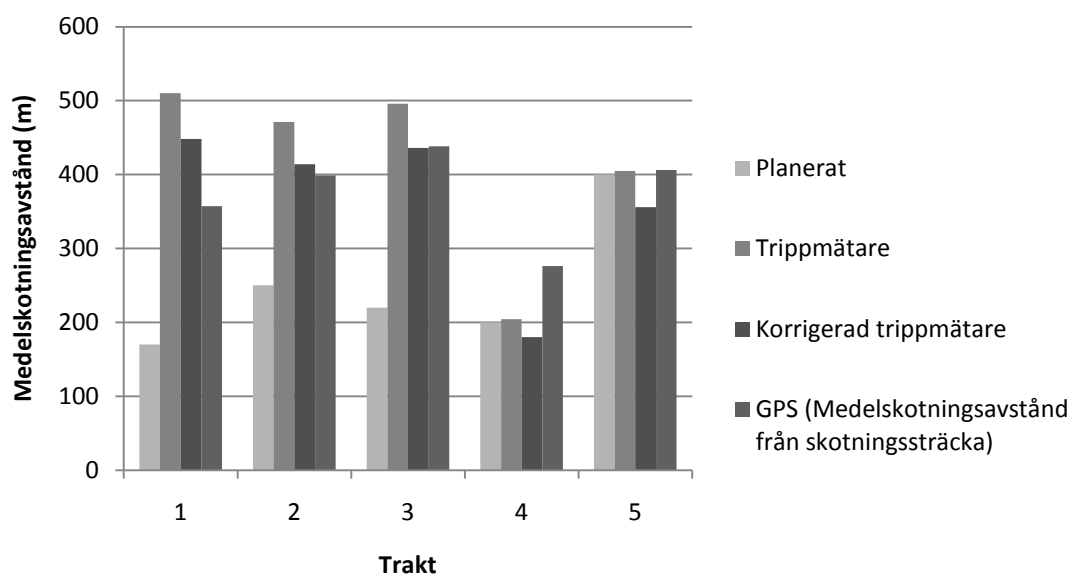
**Tabell 3.** Uppmätt längd med trippmätare respektive trådmätare samt relativ differensen mellan metoderna

	Vända									Summa
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Trippmätare (m)	190	277	406	350	380	260	461	300	335	2959
Trådmätare (m)	163	274	374	295	298	247	395	280	314	2640
Differens (%)	16,6	1,1	8,6	18,6	27,5	5,3	16,7	7,1	6,7	12,1

**Tabell 4.** Uppmätt längd med GPS respektive okalibrerad samt kalibrerad trippmätare. Kalibreringen genomfördes genom att minska uppmätt trippmätarvärde med 12,1% (uppmätt värde  $\times 0,879$ ) (se tabell 3)

	Vända									Summa
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
GPS (m)	180	204	406	376	370	233	358	269	573	2969
Okalibrerad trippmätare (m)	187	230	465	367	363	298	256	232	505	2903
Kalibrerad trippmätare (m)	164	202	409	323	319	262	225	204	444	2552
Okalibrerad differens (%)	3,7	11,3	12,7	- 2,5	- 1,9	21,8	- 39,8	- 15,9	- 13,5	- 2,3
Kalibrerad differens (%)	- 9,5	-0,9	0,7	- 16,6	- 16	11	- 59,1	- 31,9	- 29,1	- 16,4

I figur 5 visas hur de olika medelskotningsavstånden uppmätt med de olika metoderna skiljer sig från varandra. Trakt 1-3 påminner om varandra i form av ett ganska likartat förhållande mellan de olika metoderna. Här syns tydligt att det planerade medelskotningsavståndet är klart underskattat. Trakt 4 och 5 däremot uppvisar ett mycket jämnare förhållningssätt mellan de olika metoderna. De exakta värdena för de olika medelskotningsavstånden kan ses i bilaga 3.



**Figur 5.** Trakternas medelskotningsavstånd uppmätt med de olika metoderna. Trakt 6 presenteras inte i figuren då trippmättningsdata saknas.

För att med GPS-mätningen få ut skotningssträckan togs körning som inte räknades till skotning bort. Hur mycket som togs bort varierade i de olika trakterna men låg mellan 12-29 % (medel 13,7 %) I tabell 5 visas de olika avstånden uppmätt med GPS och i bilaga 2 visas längden för alla vändor i varje trakt.

**Tabell 5.** Skotningsavstånd uppmätt med GPS (m)

	Trakt					
	1	2	3	4	5	6
Totalt körd sträcka	7992	166520	107492	12964	158489	59130
Total skotningssträcka	5711	143561	92879	11040	137297	51990
Antal vändor	8	180	106	20	169	59
Medelskotningsavstånd från total körd sträcka	500	463	507	324	469	501
Medelskotningsavstånd från skotningssträcka	357	399	438	276	406	441
Standardavvikelse för medelskotningsavstånd från skotningssträcka	56	205	243	124	206	242

I tabell 6 visas de olika omräkningstalen mellan värden för medelskotningsavstånd skattade med olika metoder. För att få fram omräkningstalet multipliceras den metod under nämnaren som ska räknas om med värdet som ligger på samma rad som den metod (täljare) man ska räkna om till (exempelvis vid kartvärde till planerat använder man 1,15). Ett exempel på hur omräkningstalen tas fram ur tabellen: kartvärdet multipliceras med 1,86 för att få medelskotningsavståndet uträknat från GPS, dvs. om kartvärdet är 400 m skulle samma avstånd utmätt med GPS bli 744 m ( $400 \cdot 1,86 = 744$ ). Medelskotningsavståndet uträknat från GPSen ska i sin tur multipliceras med 0,58 för att räknas om till kartvärdet, dvs. om medelskotningsavståndet uppmätt med GPS är 400 m så skulle kartvärdet vara 232 m ( $400 \cdot 0,58 = 232$ ). Baserat på medelvärdena för de olika metoderna så ska det planerade medelskotningsavståndet räknas upp med 61 % för att stämma med korregerad trippmätare (Tabell 6). Noterbart är att ett statistiskt slingertillägg på det planerade medelskotningsavståndet ger en väldigt stor spridning; till exempel en uppräkningsfaktor mellan 0,89–2,64 mot korregerad trippmätare.

**Tabell 6.** Relation (medelvärde och intervall för de 6 trakterna) mellan värden för medelskotningsavstånd skattade med olika metoder

Täljare	Nämnare					
	Kartvärde*	Planerat**	Trippmätare	Korrigerad trippmätare	GPS totalt	GPS skotning
Kartvärde*	-	0,87	0,57 (0,29-0,86)	0,65 (0,33-0,98)	0,48 (0,3-0,74)	0,58 (0,41-0,86)
Planerat**	1,15	-	0,65 (0,33-0,99)	0,74 (0,38-1,12)	0,56 (0,34-0,85)	0,66 (0,48-0,98)
Trippmätare	2,11 (1,16-3,45)	1,83 (1,01-3)	-	1,14	0,9 (0,63-1,02)	1,1 (0,74-1,42)
Korrigerad trippmätare	1,86 (1,02-3,03)	1,61 (0,89-2,64)	0,88	-	0,79 (0,56-0,9)	0,96 (0,65-1,25)
GPS totalt	2,28 (1,35-3,38)	1,98 (1,17-2,94)	1,14 (0,98-1,58)	1,3 (1,12-1,8)	-	1,21 (1,15-1,4)
GPS skotning	1,86 (1,17-2,41)	1,61 (1,02-2,1)	0,96 (0,7-1,35)	1,09 (0,8-1,53)	0,83 (0,71-0,87)	-

\* Beräknat (kartvärde=planerat värde/1,15). \*\* värde angivet på traktdirektiv.

## Diskussion

### Resultatet

Vid jämförandet av de olika medelskottningsavstånden kan man se tydliga tendenser på att medelskottningsavståndet uppmätt med trippmätaren är betydligt längre, ofta upp till det dubbla avståndet eller mer, än det planerade medelskottningsavståndet (Fig. 5, Bilaga 3). Eftersom det är så pass stor skillnad kan det antas att det planerade medelskottningsavståndet är underskattat och borde ges ett högre slingertillägg. Sett till medelskottningsavståndet uppmätt med GPS är det generellt likvärdigt eller kortare än avstånd uppmätt med trippmätare, med undantag för trakt 4. Att orsaken till detta skulle ligga i traktens utseende är inte troligt, då den inte skiljer sig mer än någon annan trakt vad gäller grundyta eller terrängförhållande. Däremot är trakt 4 den som har störst andel tall (80 %) vilket enligt Gotthardsson (2003) är den skogstyp som har störst negativ effekt på GPS precision. Trots att grundytan inte skiljer sig från de andra trakterna skulle trakten kunna ha ett välutvecklat kronskikt. Detta är bara en gissning men styrks av att trakten innan gallring hade en mycket lägre grundyta (22,5) än de övriga trakter och en låg gallringsstyrka (17 %). Det är också i trakt fyra som skillnaden är störst mellan medelskottningsavstånden uppmätt med GPS och trippmätare (35 %). I övrigt verkar medelskottningsavstånd uppmätt med GPS stämma väl överens med medelskottningsavståndet uppmätt med trippmätaren och speciellt i jämförelse med korrigerade trippmätarvärden. Resultaten indikerar således att GPS-värden skulle kunna ersätta trippmätarvärdena vid uppföljningar av medelskottningsavstånd. Detta då GPS-värdena kanske till och med ligger närmare verkligt medelskottningsavstånd än vad trippmätarvärdena gör, men för detta behövs vidare undersökningar. Som nämnts tidigare förklarar Von Segenbaden att slingertillägget ökar med ett sämre terrängförhållande (GYL) och då bland annat genom en ökad slirning. Detta talar då för GPS i trakter med sämre terrängförhållanden då den inte påverkas genom slirning, medan trippmätarens avvikelse blir större ju sämre terrängförhållanden som råder. Eftersom trakterna i arbetet har haft relativt gynnsamma terrängförhållanden bör man inte utgå från att trippmätarvärdena blir mer exakt än vad resultaten uppvisar i detta arbete. Ett liknande resultat skulle också kunna tänkas uppstå vid större snömängder. I slutändan är frågan om GPSens osäkerhet eller trippmätarens slirning ger störst avvikelse.

Att använda GPS för att få ut medelskottningsavståndet ger en väldigt detaljerad uppföljning av skotningen, men den använda manuella metodiken är väldigt tidsödande och kommer därför rimligtvis inte att vara relevant för att ersätta trippmätaren som generell källa för uppföljningsdata. Om GPSen skall användas för uppföljningsändamål av medelskottningsavstånd krävs noggranna riktlinjer för hur GPSen ska användas. De i studien använda instruktionerna skulle kunna användas, men de innebär att körning som inte ska räknas med till skotning (körning till och från koja och mellan trakter) samt längre pauser där maskinen står stilla kommer att insamlas och måste tas bort ur materialet vid analyserna. Det vore därför önskvärt att inte samla in data vid sådan aktivitet, men detta måste göras utan att missa viktiga delar av den faktiska verksamheten och utan att ge maskinförarna allt för ökad arbetsbelastning. Lämpliga körinstruktioner skulle kunna vara att GPS skall vara av vid

- Pauser  $\geq$  fem minuter.
- Förflyttning mellan trakter.
- Körning till och från koja.

Om det kan säkerställas att dessa instruktioner följs skulle troligtvis ett medelsköttningsavstånd med tillräckligt god precision kunna erhållas endast genom att dividera total registrerad längd med antal lass.

### ***Genomförandet av arbetet***

Den ursprungliga metodutvecklingstanken var att utveckla en modell i ArcGIS Model Builder som automatiskt skulle räkna ut medelsköttningsavståndet när man lade in trakterna. Detta skulle göras genom att klippa bort avläggen så loggningsspåret delades upp för varje vända med start och stopp vid avlägg. Problemet var dock att det inte fanns något verktyg som efter klippningen gjorde om varje vändas segment till ett enda sammanhängande segment. Något som dessutom skulle vara ett problem vid automatiseringen är att kontrollen över eventuella fel skulle försämrats. Bland annat skulle man troligtvis få många fler vändor än vad som egentligen kördes då programmet inte känner av om skotaren stannar och lossar eller om den bara passerar avlägget. Även vid den manuella metoden finns en viss osäkerhet gällande antal vändor, men i och med den visuella bilden av vändorna borde resultatet bli mer rättvisande. Jag valde därför att använda mig av den manuella metoden som beskrivits tidigare i arbetet.

Gotthardsson (2003) har testat precisionen på olika GPS-mottagare och då även testat olika filter som tar bort GPS-punkter som avviker från verkligheten med positivt resultat. Detta skulle kanske kunna användas som en förbättringsåtgärd för att minska avvikelserna vid till exempel avlägg.

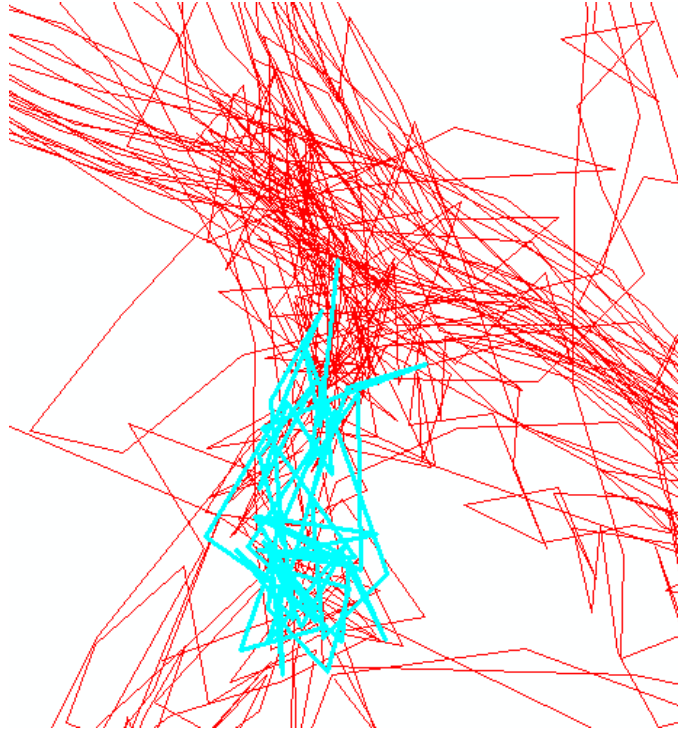
### ***Material***

Antalet analyserade trakter blev tyvärr färre än önskat. Först och främst skedde ett datahaveri i en av skotarna som gjorde att det från den maskinen inte gick att få fram material under en längre tid. Därutöver var det många trakter som gallrades under perioden för datainsamling, men som inte kunde användas. Dels erhöles inte ett komplett datamaterial (traktdirektiv, GPS-fil och trippmätaruppgifter) för ett antal körda trakter och dels kördes inte en del på det sätt som var planerat. Planeringsavvikelser bestod bland annat i att det på grund av praktiska omständigheter avbröt gallringsarbetet i en trakt innan den var helt färdigskotad, vilket gjorde att registrerat medelsköttningsavstånd inte gick att jämföra mot planerat medelsköttningsavstånd.

### ***Felkällor***

Det kan finnas ett flertal felkällor som kan ha påverkat resultaten. Grundmaterialet har tagits fram av skotarförarna, varför datats tillförlitlighet är beroende av att de gjort enligt instruktionerna. För många av instruktionerna är det dock i princip helt omöjligt att i materialet se om de har följts eller inte. Detta gäller till exempel för vilken körning som skulle registreras. Först var det tänkt att GPS och trippmätarregistrering bara skulle göras under själva sköttningsarbetet och avslagen vid t.ex. tankning eller vid koja. För att minimera risken för felkällor orsakade av den mänskliga faktorn så bestämdes det dock att GPS-mottagaren skulle vara på hela tiden som trippmätaren gick. Detta resulterade dock i att oönskade sträckor registrerades. Trots denna åtgärd finns det även risk för vissa felkällor orsakade av den mänskliga faktorn, som t.ex. felavläsning av trippmätaren eller att GPS-mottagaren inte startades i tid. Exempelvis observerades det i GPS-datat att vid något enstaka tillfälle måste GPSen ha startats en bit ut i trakten. Detta kan bero på att igångsättandet glömdes bort eller att det ibland kan ta några minuter för GPSen att få kontakt med satelliterna.

I och med att GPSen tar en ny position var tionde sekund och har en viss osäkerhet resulterar det i att GPSen registrerar olika positioner trots att skotaren egentligen står still. Om maskinen står stilla en längre stund kan GPSen trots det mäta upp en betydande längd (Fig. 6).



**Figur 6.** Här har skotaren stått stilla men GPSen har mätt upp en sträcka på 376 m

Som Forsberg, m.fl. (2001) nämner så minskar precisionen på GPSen med ökad växtlighet. Eftersom trakterna var gallringar skulle det kunna resultera i sämre precision på grund av ett täckande krontak med en längre uppmätt sträcka som följd (sämre precision skulle kunna ge ett större sick-sack mönster). Detta påvisas också av Gottardsson (2003). Han visar också att precisionen varierar mellan olika typer av GPS-mottagare men att skillnaden var mycket liten. Däremot hade antalet tillgängliga satelliter (vilket varierar under dygnet) betydligt större påverkan på precisionen. Desto långsammare en maskin kör eller ju mer den står stilla desto större kommer felet att bli. Därför borde även terrängförhållandena kunna ha en viss betydelse, även om det i trakterna som använts här inte har varit några extrema terrängförhållanden.

GPSen mäter inte tredimensionellt vilket gör att den skulle kunna visa en mindre sträcka än vad som egentligen körts i trakter med mycket kraftig lutning. Den effekten borde dock vara minimal i de relativt plana trakter som har ingått i denna studie.

Även för trippmätaren finns några tänkbara felkällor som kan tänkas uppkomma. Som nämnts tidigare borde sämre terrängförhållanden ge ökad slirning. Även en betydande snömängd kan tänkas ge ökad slirning.

### ***Vidare arbete***

Uppslag för fortsatta studier är bland annat att kontrollera vilken av metoderna GPS och trippmätare som ger mest rättvisande värde på medelskottningsavståndet. Detta skulle kunna göras med kontrollmätningar i betydligt större omfattning än vad som gjordes i denna studie, där trådmätare användes för kontrollmätning av trippmätarens värden för 9

vändor. En sådan metodkontroll skulle dessutom kanske kunna påvisa om metoderna är mer eller mindre rättvisande under olika typer av terrängförhållanden.

Därutöver anses det relevant att utveckla en metod för att mer rättvisande kunna beräkna det planerade medelskottningsavståndet. För detta borde det finnas ett intresse hos skogsbolagen för att kunna göra mer exakta kostnadskalkyler då skotningen står för en betydande del av drivningskostnaderna. Även deras produktionsplanering skulle tjäna på bättre underlag för medelskottningsavstånd, som i stor utsträckning påverkar hur lång tid skotningsarbetet tar.

### ***Slutsatser***

Vid uppföljning genom trippmätarbaserat skotningsavstånd kan rimligheten i det inrapporterade värdet bara grovt bedömas. Uppföljning av skotningen i GIS ger i den jämförelsen en stor fördel då det lätt går att se hur maskinerna kört och eventuella mätfel kan ses rent visuellt. Att beräkna medelskottningsavståndet i GIS-miljö ger ett relativt rättvisande resultat jämfört med trippmätaren om man utgår från det korrigerade värdet. Utifrån detta skulle GPS kunna ersätta trippmätaren vid uppföljning av medelskottningsavstånd. För att detta ska vara möjligt krävs vissa instruktioner för när GPSen ska vara av och på under arbetets gång, detta för att göra det möjligt att beräkna i GIS-miljö med en vettig arbetsinsats (både för maskinförare och vid uppföljningsarbetet).

Utifrån resultatet som antyder att det planerade medelskottningsavståndet är kraftigt underskattat i gallring, så kan det vara befogat att öka slingertillägget på det planerade medelskottningsavståndet.



## Referenslista

Arvidsson, P-Å., Eriksson, I., Ericsson, P., Rönnqvist, M., Westerlund, A. & Igekling, P. 1999. Smartare vägval i skotningen – Bra för både ekonomi och miljö. Resultat nr 22. Skogforsk, Uppsala.

<http://www.skogforsk.se/upload/Dokument/Resultat/1999-22.pdf>

Berg, J. 1995. Terrängtypschema för skogsarbete. Skogforsk, Uppsala.

Bäcke, J. 2007. Skogsstatistisk årsbok 2008. Kap 7. Avverkning och virkesmätning. Skogsstyrelsen, Jönköping.

<http://www.skogsstyrelsen.se/episerver4/dokument/sks/Statistik/Arsbok/07.%20Avverkning%20och%20virkesmätning.pdf>

Edin, A. & Forsman, M. 2002. Produktivitet vid skotning – En jämförelse av nuläget med Holmens bortsättningsunderlag. Studentuppsats nr 57. Institutionen för skogsteknologi, SLU Umeå.

Eklund, L. & Pilesjö, P 2003. Geografisk informationsbehandling. Kap 4 Rumsliga datastrukturer, Gävle.

Eriksson, A. 2007. GPS och GIS- användning i drivningsprocessen hos Stora Enso skog AB. Examensarbete. Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU Umeå.

[http://ex-epsilon.slu.se/archive/00001680/01/Arbetsrapport\\_177.pdf](http://ex-epsilon.slu.se/archive/00001680/01/Arbetsrapport_177.pdf)

Forsberg, M. Berglund, G. & Malm, D. 2001. GPS i skogsbruket – Var står vi idag? Resultat nr 16. SkogForsk, Uppsala.

Gotthardsson, N. 2003. Utvärdering av precision och noggrannhet hos GPS-mottagare i skördarmiljö. Studentuppsats nr 61. Institutionen för skogsteknologi, SLU Umeå.

Harstela, P. 1993. Forest work science and technology, Part 1. Silva Carelica 25. University of Joensuu faculty of forestry, Joensuu, Finland.

Hellström, C. 1997. Dra åt skogen med IT. Redogörelse nr. 4. SkogForsk, Uppsala.

Von Segebaden, G. 1964. Studier över terrängtransportens längd och vägnätets utbyggnad. Institutionen för skogsteknik, Skogshögskolan, Stockholm. Sid 58-60.

## Internet

GPS history, chronology and budgets. Tillgänglig:

[http://www.rand.org/pubs/monograph\\_reports/MR614/MR614.appb.pdf](http://www.rand.org/pubs/monograph_reports/MR614/MR614.appb.pdf) [2010-01-25]

GPS Navigation. Hitta dit du ska med GPS. Tillgänglig

<http://www.gps-navigation.se/> [2010-01-25]

Lantmäteriverket. GPS och annan mätningsteknik. Tillgänglig:

[http://www.lantmateriet.se/templates/LMV\\_Page.aspx?id=7361](http://www.lantmateriet.se/templates/LMV_Page.aspx?id=7361) [2010-03-15]

Skogforsk. Kunskap Direkt. Ekonomi vid avverkning. 2008. Tillgänglig  
[http://www.skogforsk.se/KunskapDirekt/Templates/page\\_11263.aspx](http://www.skogforsk.se/KunskapDirekt/Templates/page_11263.aspx) [2010-01-25]

### **Muntliga referenser**

Dermer, Rickard. Planeringsansvarig Stora Enso Skog i Hällefors. Intervju 15 jan 2009

Olsson, Per. Drivningsledare Stora Enso Skog i Hällefors. Intervju 4 feb 2009

## Bilaga 1. GPS-körspår

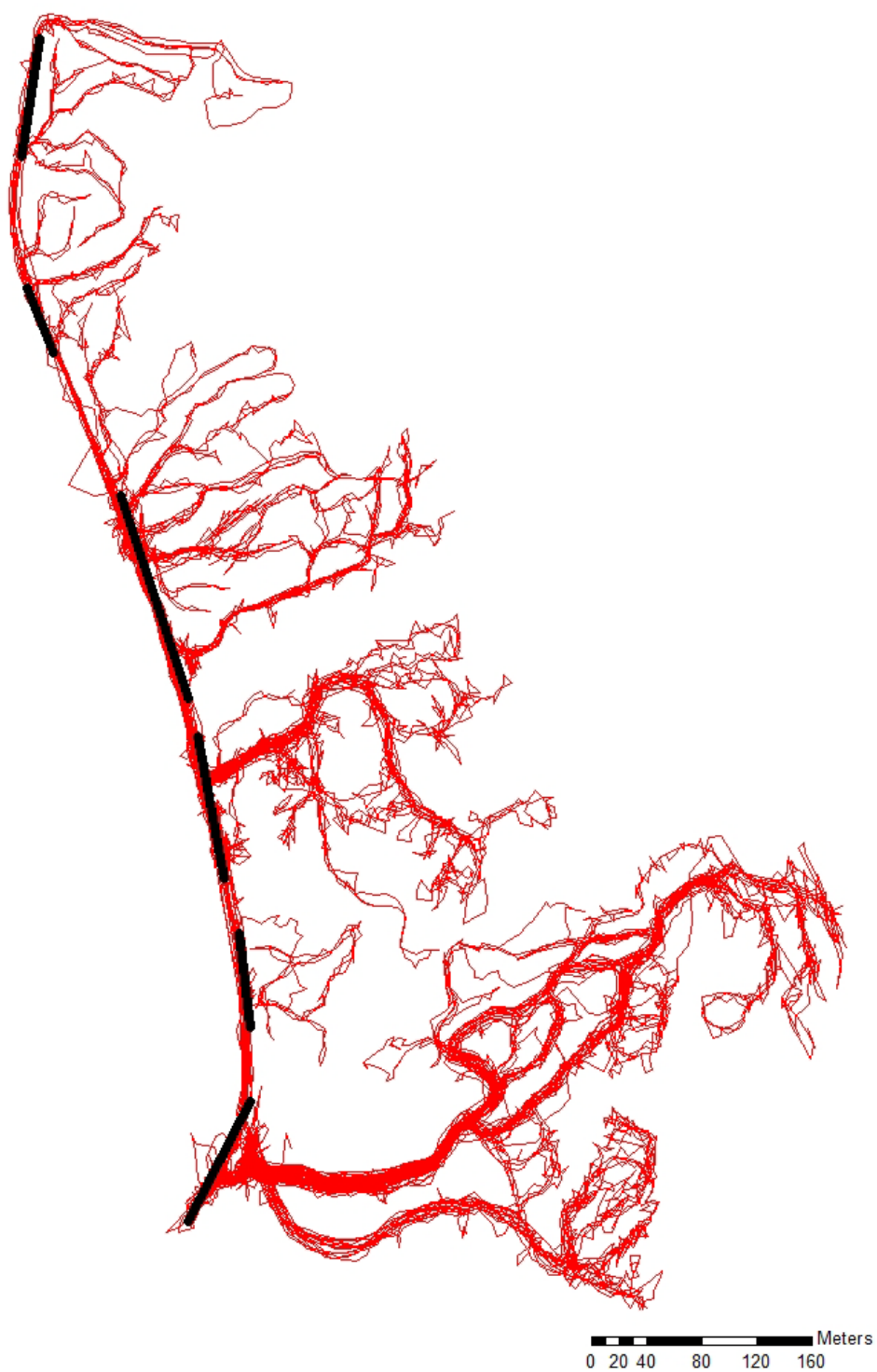


Registrerade körspår i trakt 1 med uppskattad plats för avlägg (svart markering).



0 35 70 140 210 280 Meters

Registrerade körspår i trakt 2 med uppskattad plats för avlägg (svart markering).



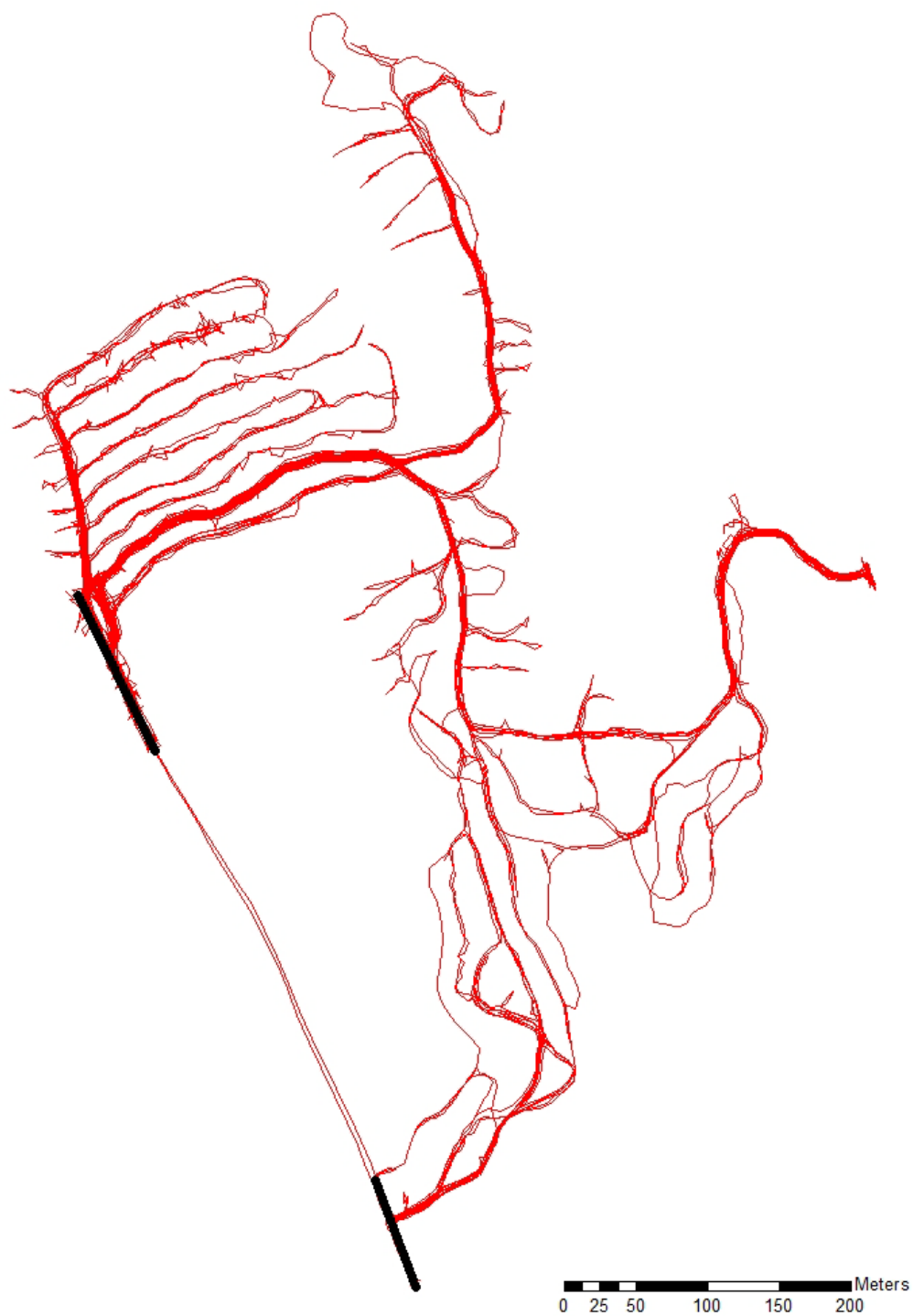
Registrerade körspår i trakt 3 med uppskattad plats för avlägg (svart markering).



Registrerade körspår i trakt 4 med uppskattad plats för avlägg (svart markering).



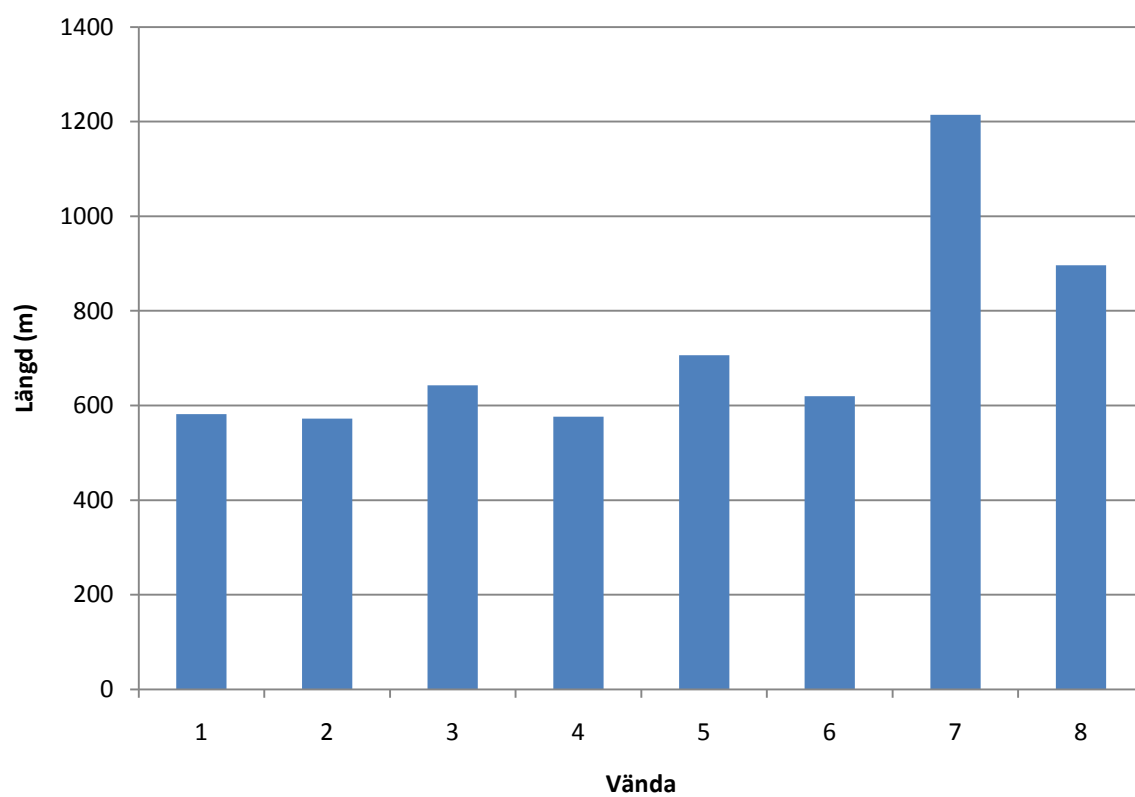
Registrerade körspår i trakt 5 med uppskattad plats för avlägg (svart markering).



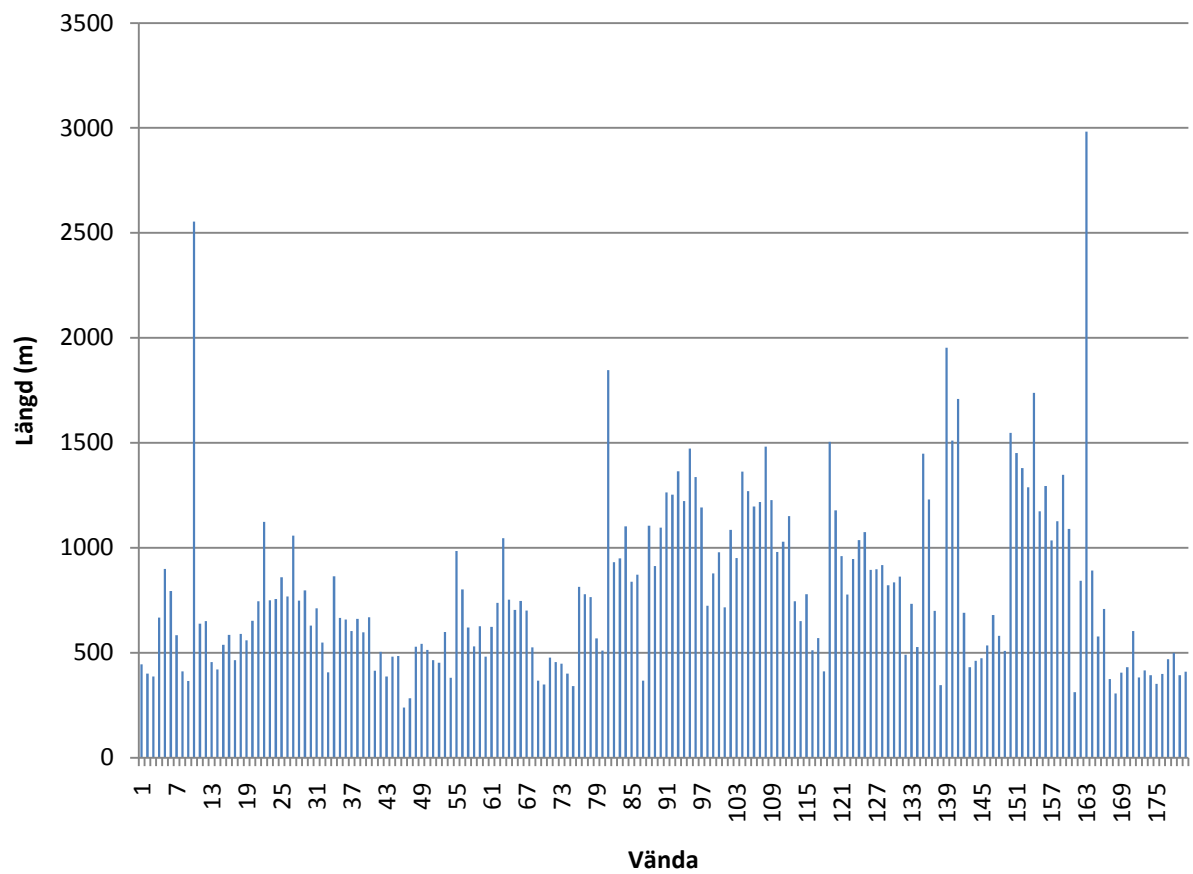
Registrerade körspår i trakt 6 med uppskattad plats för avlägg (svart markering).



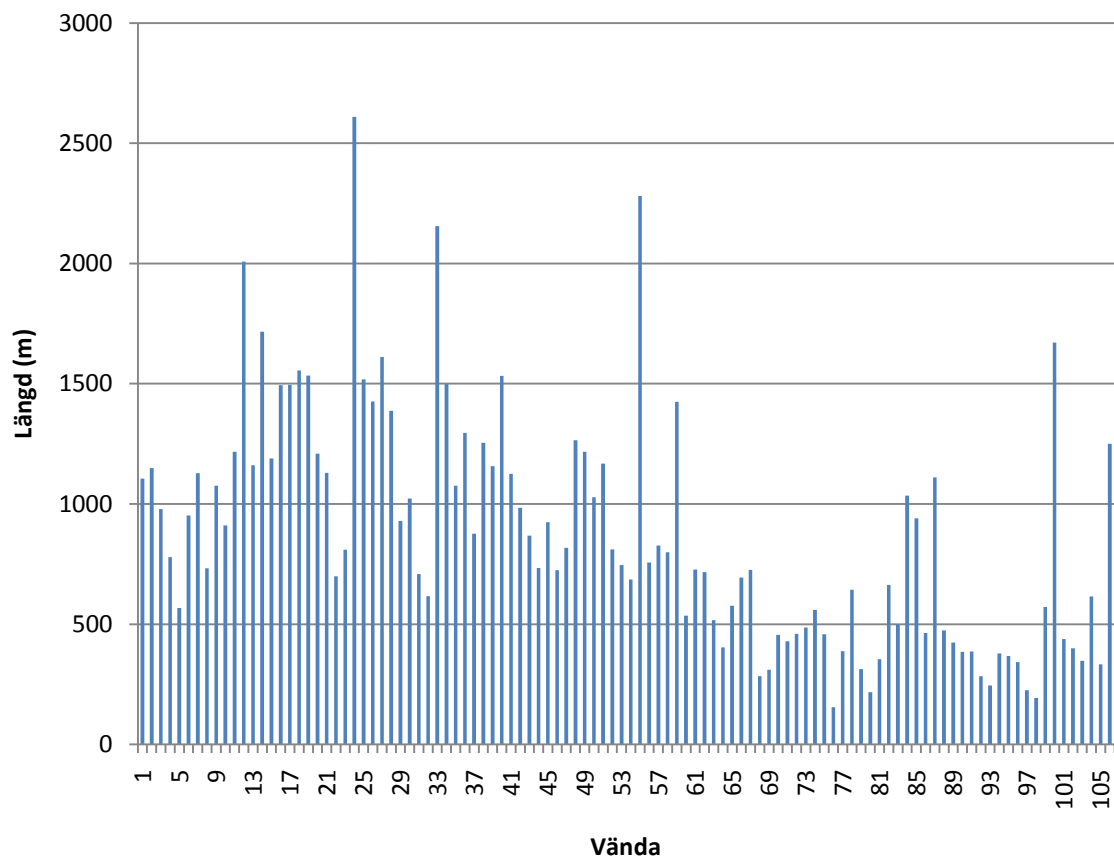
## Bilaga 2. Körvändornas längd enligt GPS-mätning



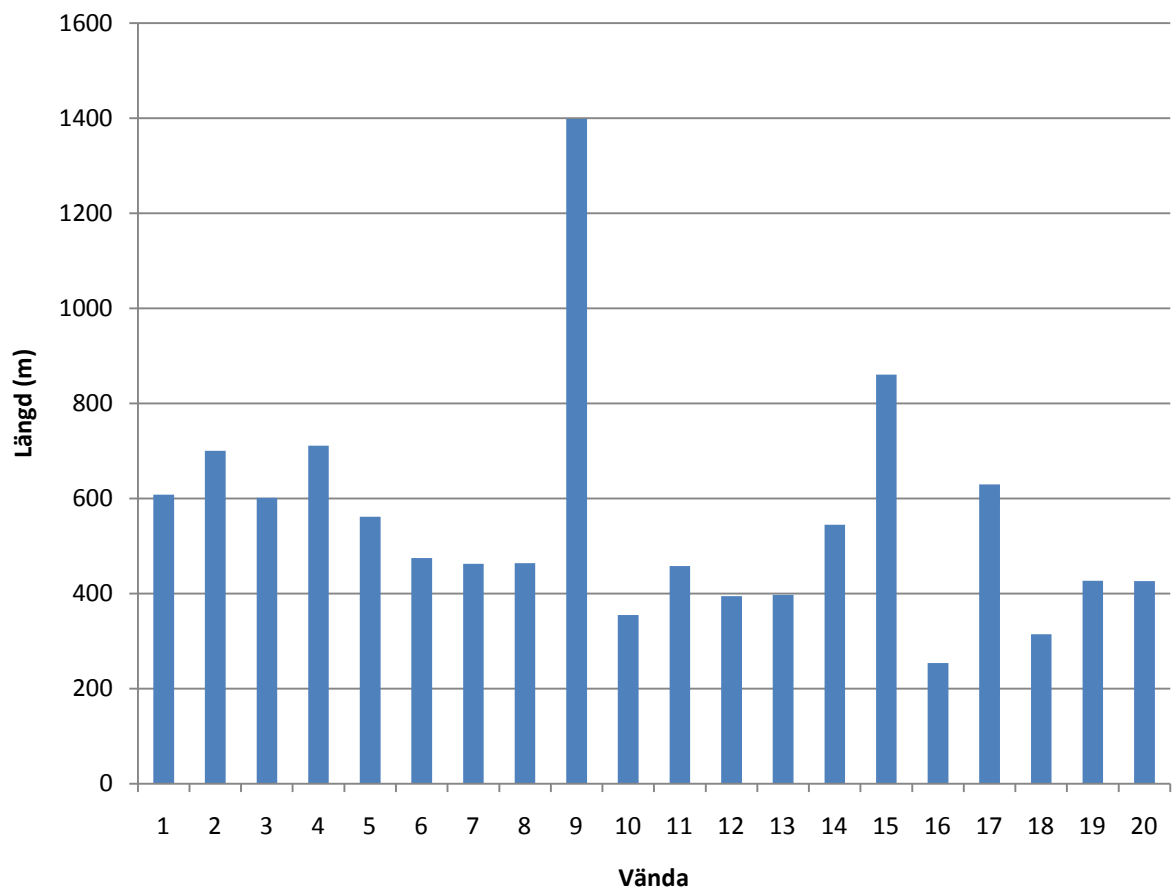
Totallängden för varje enskild vända i trakt 1 uppmätt med GPS.



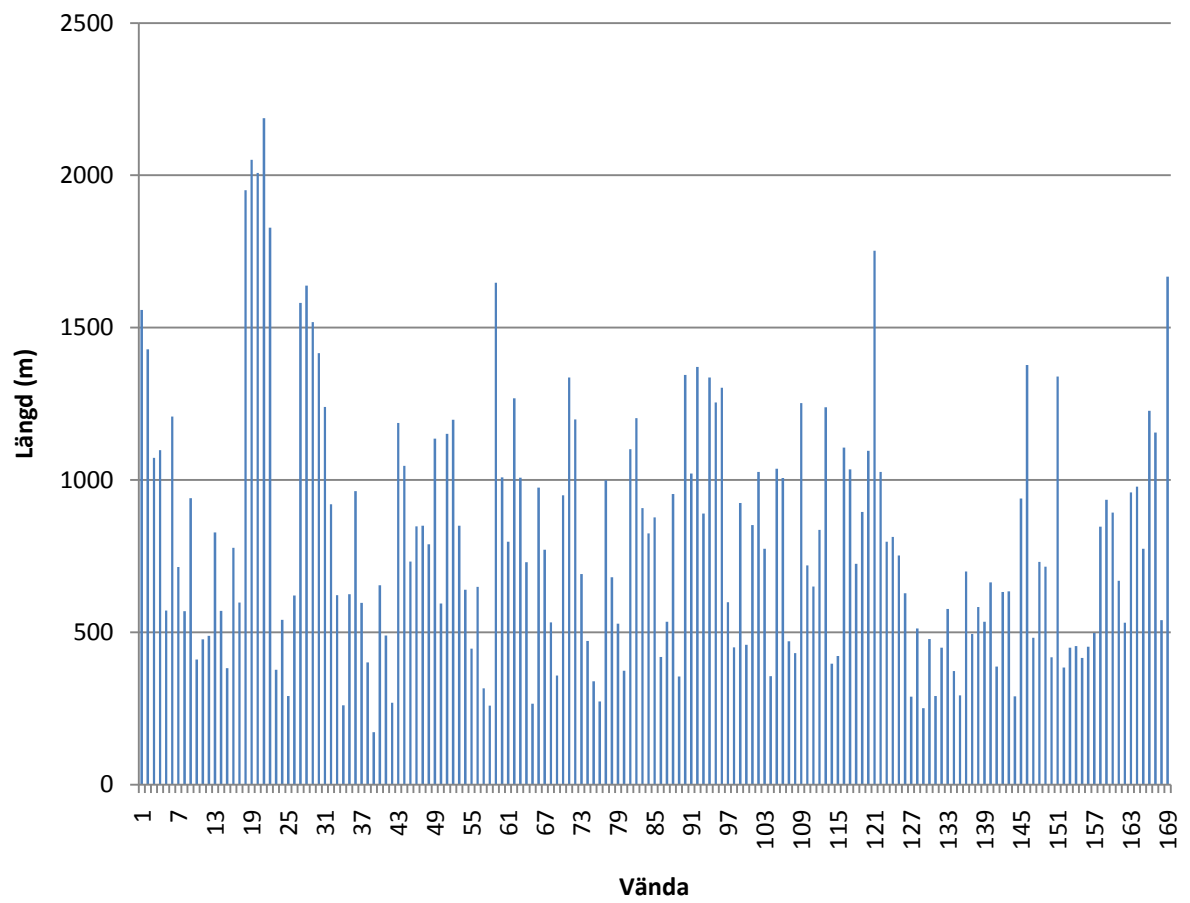
Totallängden för varje enskild vända i trakt 2 uppmätt med GPS.



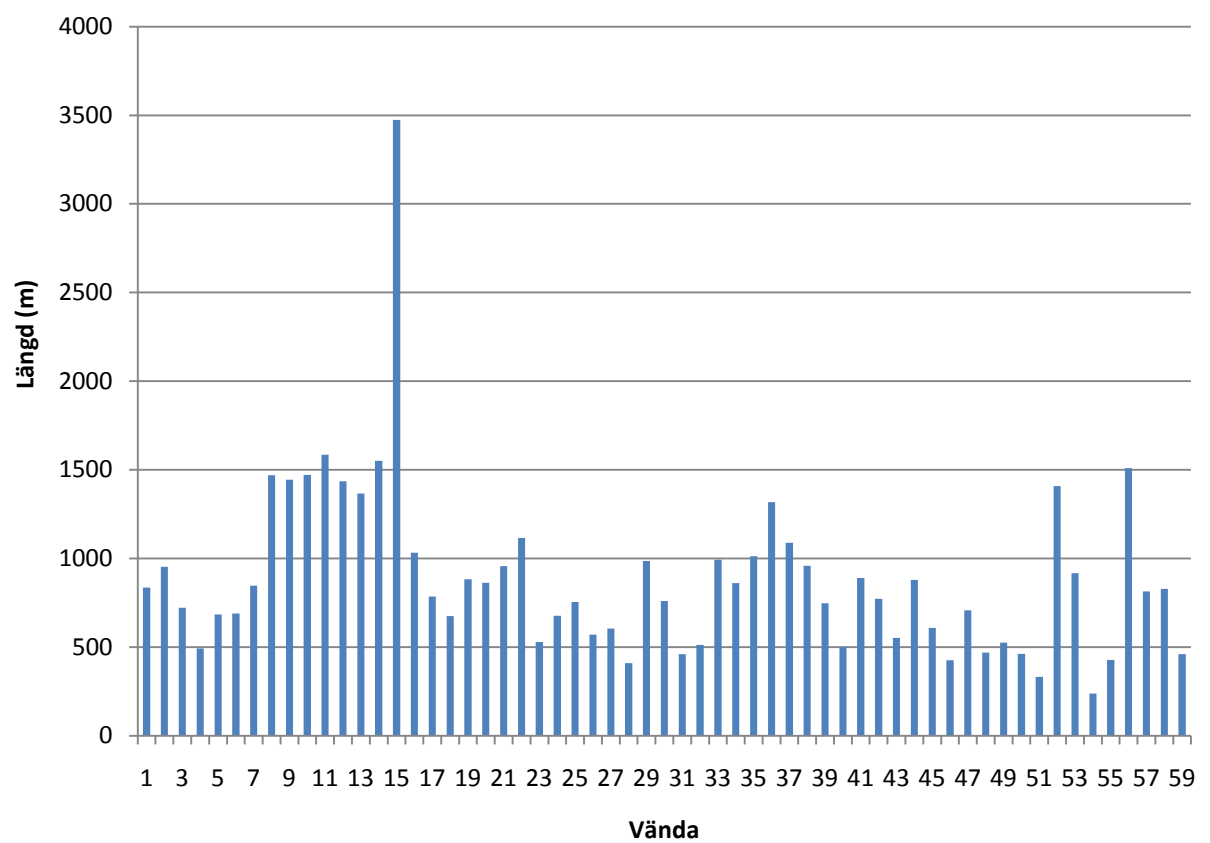
Totallängden för varje enskild vända i trakt 3 uppmätt med GPS.



Totallängden för varje enskild vända i trakt 4 uppmätt med GPS.



Totallängden för varje enskild vända i trakt 5 uppmätt med GPS.



Totallängden för varje enskild vända i trakt 6 uppmätt med GPS.

### Bilaga 3. Medelskotningsavstånd uppmätt med de olika metoderna

Mätmetod	Enhet/Mått	Trakt					
		1	2	3	4	5	6
Planering	Medelskotningsavstånd	170	250	220	200	400	450
Trippmätare	Medelskotningsavstånd	510	471	496	204	404	-
	Korrigerat medelskotningsavstånd	448	414	436	180	356	-
GPS	Medelskotningsavstånd från skotningssträcka	357	399	438	276	406	441